

竹粉-超高分子量聚乙烯复合滑动轴承的制备与性能

丁定成, 刘坤键, 李佩, 刘俊怀, 袁建, 刘克非, 吴庆定

(中南林业科技大学材料成形技术研究所, 湖南长沙 410004)

摘要: 采用温压成形原理与技术, 制备竹粉-超高分子量聚乙烯(UHMWPE)复合滑动轴承, 并分析其制备关键技术与创新点。结果表明, 制备的竹粉-超高分子量聚乙烯复合滑动轴承抗压强度高、摩擦系数小、自润滑效果好, 可替代烧结青铜滑动轴承用于机械设备, 也可替代木材层积塑料或天然铁梨木滑动轴承, 用于船舶艀管或水轮机系统。

关键词: 竹粉; 超高分子量聚乙烯; 复合滑动轴承

中图分类号: S795.9; TS66; TH133.31

文献标识码: B

文章编号: 1001-8654(2019)03-0057-02

Manufacturing and Properties of Sliding Bearings Made from Bamboo Powders/ UHMWPE Composites

DING Ding-cheng, LIU Kun-jian, LI Pei, LIU Jun-huai, YUAN Jian, LIU Ke-fei, WU Qing-ding

(Institute of Processing Technologies of Materials, Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, Hunan, China)

滑动轴承按材质分为: 金属类(轧制金属滑动轴承、烧结金属滑动轴承等); 非金属类(塑料滑动轴承、天然木质滑动轴承、人造木质滑动轴承等)。其中, 轧制金属滑动轴承无自润滑功能, 需附加油毡或油杯供给润滑油, 使构件体积增大, 补充润滑易造成油污染; 烧结金属及非金属滑动轴承虽有自润滑功能, 但机械强度与承载能力低, 仅适用于中/轻级别载荷机电设备, 且不适合高温工况; 天然木质滑动轴承多为水润滑轴承, 用于船舶工程, 但因原料产量低、价格贵, 目前基本不用; 人造木质滑动轴承(木材层积塑料滑动轴承), 因各向异性, 未能得到推广^[1-5]。

上述材质各异的滑动轴承几乎不兼具重载、耐磨、自润滑等特性, 其综合性能均有待提升。鉴于此, 笔者采用温压成形原理与技术^[6-7], 以竹业加工

剩余物(竹粉)和特种服装加工剩余物(超高分子量聚乙烯短纤维)为原料, 经均匀混合再由热模压制备滑动轴承, 开发一种具备自润滑、耐磨性好、适用范围广的重载滑动轴承。

1 样品的主要制备工艺

1.1 试验材料

1) 毛竹(*Phyllostachys heterocycla*)粉末: 采自竹制品加工剩余物, 粒径 ≤ 0.35 mm, 在 90 °C 干燥, 控制含水率为 15%~20%。

2) 超高分子量聚乙烯(UHMWPE)短纤维: 粒径 ≤ 0.85 mm, 熔点 144~152 °C。采购于湖南某特种装备公司。

3) 工业双氧水: 质量分数为 27.5%~50%。

1.2 主要仪器设备

粉碎机、HX100 型压模机、锥形螺旋混料机、微机控制 PV 摩擦试验机。

1.3 制备方法

1) 竹粉氧化处理: 用工业双氧水浸泡竹粉 5~10 min, 经离心机脱水、红外线加热炉干燥, 至含水率 $\leq 15\%$ 备用。氧化处理可弱化竹粉表面的极性, 为

收稿日期: 2018-06-21; 修改日期: 2019-03-22

基金项目: 湖南省重点研发计划项目“纳米氧化铜原位还原弥散强化木质复合材料制备关键技术研究产业化示范”(2017GK2255); 长沙市科技计划资助项目“基于廉价碳汇资源的木质功能材料成形技术研究与产业化”(Kq1701098)。

作者简介: 丁定成(1992—), 男, 中南林业科技大学硕士研究生。

责任作者: 吴庆定, 男, 中南林业科技大学教授。

聚乙烯短纤维在其颗粒表面润湿铺展创造条件^[8]。

2) 轴承温压成形: 将氧化处理的竹粉与 UHMWPE 短纤维分别按照质量分数 50%~70%、30%~50%的比例均匀混合, 再放入特定技术制造的成形模中热压成形。

主要成形工艺参数为: 压力 300~500 MPa、温度 130~160 °C、保温保压时间 10~60 min。

通过热模压成形, 实现 UHMWPE 在竹粉颗粒表面的润湿铺展, 同时使竹粉的部分成分转化成无定形碳, 作为滑动轴承工作过程中的固体润滑剂^[8]。

轴承规格为: 50 mm× ϕ 35 mm×25 mm。

2 样品的主要性能指标

2.1 检测项目

参照 GB/T 17657-2013《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》测试密度; 参照 GB/T 9097-2016《烧结金属材料(不包括硬质合金)表观硬度和显微硬度的测定》、GB/T 6804-2008《烧结金属衬套径向压溃强度测定》、GB 7948-1987《塑料轴承极限 PV 试验方法》测试其他性能。

2.2 检测结果

按照优化工艺, 制备的竹粉-UHMWPE 复合滑动轴承与金属及非金属轴承的主要性能指标测试结果, 列于表 1。

表 1 复合滑动轴承与其他滑动轴承部分性能对比

轴承类别	密度/ (g·cm ⁻³)	表观 硬度/ HV	压溃 强度/ MPa	摩擦 系数	PV 值/ (MPa·m·s ⁻¹)	估算 造价/ %	估算 使用 寿命/h
复合 滑动轴承	≥1.3	≥50	≥80	0.1~ 0.2	2.0~2.5	30	≥2 000
烧结青铜 滑动轴承	≥6.5	≥20	≥100	0.05~ 0.15	1.6~1.8	100	≥2 000
铁犁木滑 动轴承	1.20~ 1.35	1.5~ 2.0	60~ 90	0.05~ 0.08	1~1.5	150	—

表 1 显示, 复合滑动轴承的密度与铁犁木滑动轴承相近, 但仅为烧结青铜滑动轴承的 20%, 在轻量化装备上的应用优势明显; 其表观硬度(轴承的整体强度)、压溃强度(轴承承受径向载荷的能力)、摩擦系数、PV 值(在一定滑动速度下, 轴承承受极限压强的能力)和估算使用寿命等性能指标, 均高于或基本相近其他两种滑动轴承, 说明复合滑动轴承具备替代这两种滑动轴承的前提条件。

3 样品特点及应用前景

1) 竹粉-超高分子量聚乙烯(UHMWPE)复合滑动轴承的主要性能指标, 与金属烧结青铜滑动轴承和非金属铁犁木滑动轴承性能指标相近, 具备替代其他滑动轴承的前提条件。

2) 在竹粉-UHMWPE 复合滑动轴承的制备过程中, 经氧化处理的竹粉部分成分转化成不定形碳, 成为滑动轴承的固体润滑剂; 在水介质中, 复合滑动轴承的部分成分因摩擦热作用, 与水形成具有自润滑作用的乳液; 因而复合滑动轴承可用于多种润滑需求的场合。

3) 竹粉-UHMWPE 复合滑动轴承比烧结金属(如烧结青铜)轴承软, 但比纯塑料轴承硬; 另外, 复合滑动轴承具有良好的抗磨粒磨损、抗疲劳与耐蚀性, 不易损伤对偶件(如调质钢轴), 具有与纯塑料滑动轴承类似的良好异物埋没性。

4) 竹粉-UHMWPE 复合滑动轴承利用竹制品和特种服装加工剩余物, 其密度较其他轴承低, 在轻量化装备上的应用优势明显; 并且其估算造价仅为其他两种滑动轴承的 20%~30%, 制造成本不足其他滑动轴承的一半, 符合滑动轴承的改进方向^[9]。

5) 竹粉-UHMWPE 复合滑动轴承实现了从制造、使用、回收再利用全过程的低碳环保, 是一类高值、清洁、利用廉价资源的绿色环保产业^[10], 大大降低了对矿产资源的依赖程度。

参考文献:

- [1] 韩凤麟, 贾成厂. 烧结金属含油轴承—原理、设计、制造与应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- [2] 李绍中. 自润滑减摩材料的发展、特性分析与选择[J]. 汽车科技, 2001(1): 11-15.
- [3] 刘应虎. MCS-2-1 层压胶木船舶尾轴承材料的应用与发展[J]. 船舶工程, 1980(1): 43-54.
- [4] 陈焱. 水润滑轴承材料研究现状[J]. 机电技术, 2009(2): 27-29.
- [5] 彭博. 颗粒增强木质滑动轴承的制备与性能研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2016.
- [6] 吴庆定, 梁盛, 向仕龙, 等. 木质粉末高密度滑动轴承无胶温压成形结合机理研究[J]. 中国粉体技术, 2012, 18(2): 1-6.
- [7] 吴庆定. 木质粉末温压成形原理与技术[M]. 长沙: 湖南大学出版社, 2012.
- [8] 吴庆定, 张红. 一种竹塑复合滑动轴承及其制备工艺: 中国, ZL201510132833.8[P]. 2017-07-25.
- [9] 黄卓. 滑动轴承当前的改进方向[J]. 机械工程与自动化, 2017(3): 211-213.
- [10] 吴庆定, 夏余平, 赵微培. 廉价碳汇资源高值清洁利用技术[M]. 北京: 中国林业出版社, 2019.